

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-319922

(43)Date of publication of application : 16.11.2001

(51)Int.Cl.

H01L 21/3065  
 C23C 14/52  
 C23C 16/52  
 H01L 21/203  
 H01L 21/205  
 H05H 1/00  
 // H05H 1/46

(21)Application number : 2000-137540

(71)Applicant : NEC CORP  
 NEC KYUSHU LTD

(22)Date of filing : 10.05.2000

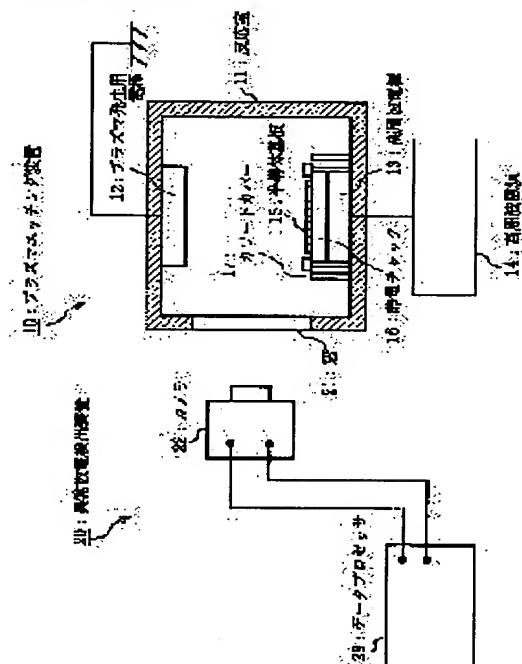
(72)Inventor : ITO NATSUKO  
 MORIYA TAKESHI  
 UESUGI FUMIHIKO  
 OKAMURA KOJI

## (54) APPARATUS AND METHOD FOR DETECTING ABNORMAL DISCHARGE

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To detect, with reliability, an abnormal discharge in a reaction chamber of plasma treatment equipment of semiconductor manufacturing equipment or the like using a plasma and accurately detect where the abnormal discharge is generated.

SOLUTION: Light emitted by an abnormal discharge is measured as a two-dimensional image with a measuring means 22 through a window 21 formed in a wall of the reaction chamber 11. By processing the two-dimensional image by means of a processing means 23 and detecting the emitted light due to the abnormal discharge, the abnormal discharge is detected with reliability, and the place where the abnormal discharge is generated can also be specified with accuracy from the two-dimensional image.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-319922  
(P2001-319922A)

(43) 公開日 平成13年11月16日 (2001. 11. 16)

(51) IntCl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テレポート* (参考)
H 0 1 L	21/3065	C 2 3 C 14/52	4 K 0 2 9
C 2 3 C	14/52	16/52	4 K 0 3 0
	16/52	H 0 1 L 21/203	S 5 F 0 0 4
H 0 1 L	21/203	21/205	5 F 0 4 5
	21/205	H 0 5 H 1/00	A 5 F 1 0 3

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 16 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-137540 (P2000-137540)

(22) 出願日 平成12年5月10日 (2000. 5. 10)

(71) 出願人 000004237  
日本電気株式会社  
東京都港区芝五丁目7番1号  
(71) 出願人 000164450  
九州日本電気株式会社  
熊本県熊本市八幡一丁目1番1号  
(72) 発明者 伊藤 奈津子  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内  
(74) 代理人 100086759  
弁理士 渡辺 喜平

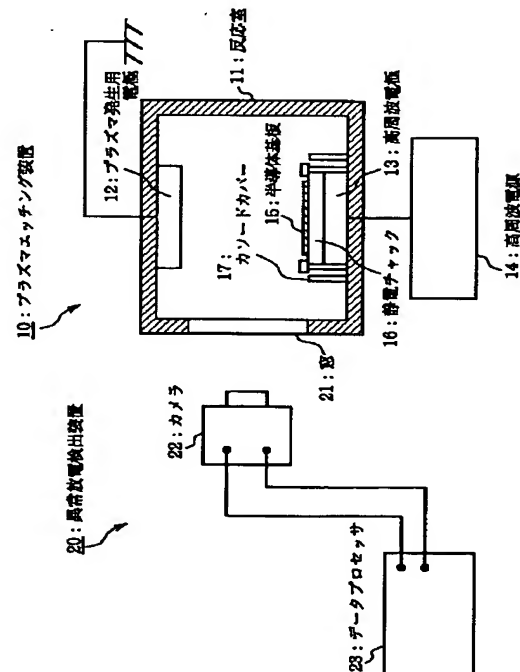
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 異常放電検出装置および検出方法

(57) 【要約】

【課題】 プラズマを利用した半導体製造装置等のプラズマ処理装置の反応室内で発生する異常放電を確実に検出し、異常放電の発生位置を正確に検出する。

【解決手段】 異常放電による発光を反応室11の壁部に設けられた窓21を通して計測手段22により二次元画像として計測して、この二次元画像を処理手段23により処理し、異常放電による発光を検出することにより、異常放電を検出すると共に、二次元画像から異常放電の発生位置を正確に特定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空の反応室内にてプラズマを用いて被処理物の処理を行なうプラズマ処理装置において、反応室の壁部に設けられた窓を通して内部を二次元画像として計測する計測手段と、計測手段により計測した画像情報を処理して、異常放電を検出する処理手段と、を設けたことを特徴とする、異常放電検出装置。

【請求項2】 さらに、反応室の壁部に設けられた窓を通してレーザ光を反応室内に導入するレーザ光源を設けて、上記処理手段が、レーザ光源を制御しながら、計測手段により計測した画像情報を処理して、異常放電の有無を判定することを特徴とする、請求項1に記載の異常放電検出装置。

【請求項3】 上記計測手段が、CCDカメラであることを特徴とする、請求項1または2に記載の異常放電検出装置。

【請求項4】 上記計測手段が、任意の波長のみの光を透過させる光フィルタを備えていることを特徴とする、請求項1または2に記載の異常放電検出装置。

【請求項5】 さらに、装置の稼動状態を取り込む検知手段と、警報を発して、異常放電の発生状態を表示する警報手段とを設けて、処理手段が、異常放電を検出したとき、検知手段からの検知情報に基づいて、処理中の被処理物を特定して、警報手段により警報を発し、異常放電の発生状態を表示することを特徴とする、請求項1または2に記載の異常放電検出装置。

【請求項6】 上記計測手段が、プラズマを発生させる電極の近傍に計測範囲を有していることを特徴とする、請求項1または2に記載の異常放電検出装置。

【請求項7】 上記計測手段が、プラズマ処理を行なう被処理基板の近傍に計測範囲を有していることを特徴とする、請求項1または2に記載の異常放電検出装置。

【請求項8】 上記計測手段が、反応室の壁面の近傍に計測範囲を有していることを特徴とする、請求項1または2に記載の異常放電検出装置。

【請求項9】 上記計測手段が、反応室内にて被処理物を支持する吸着台を保護するカバーの近傍に計測範囲を有していることを特徴とする、請求項1または2に記載の異常放電検出装置。

【請求項10】 真空の反応室内にてプラズマを用いて被処理物の処理を行なうプラズマ処理装置において、あらかじめ異常放電のない状態にて反応室の壁部に設けられた窓を介して反応室内の二次元画像を、標準背景画像として取得する第一の段階と、次に所定間隔で、同様に反応室の壁部に設けられた窓を介して反応室内の二次元画像を観察画像として取得する

第二の段階と、

第二の段階により取得された観察画像を、第一の段階により取得された標準背景画像と比較して、その差分を計算する第三の段階と、

上記差分に基づいて、標準背景画像にはないが観察画像に在る高輝度部分を検出する第四の段階と、この高輝度部分を異常放電による発光と判断する第五の段階と、

を設けたことを特徴とする、異常放電検出方法。

【請求項11】 上記第五の段階が、高輝度部分を形状認識により個々のかたまりに分離する第六の段階と、

個々のかたまりの最長連続方向をそれぞれ軌跡方向として抽出する第七の段階と、

抽出された各軌跡方向の延長線を求める第八の段階と、任意の数の延長線が交差する点が存在するとき、異常放電と判断し、この交点を異常放電の発生位置として検出する第九の段階と、

を設けたことを特徴とする、請求項10に記載の異常放電検出方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置の製造等の際に使用されるプラズマ処理装置における異常放電の検出装置および異常放電の検出方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、半導体装置の製造においては、例えば半導体基板上に薄膜を形成する気相成長装置やスパッタ装置、不要な薄膜を除去するためのエッチング装置、不純物をドーピングするためのイオン注入装置等、真空容器内にてプラズマを利用して半導体基板を処理する工程が多く採用されている。

【0003】 ところで、このようなプラズマ処理装置において、異常放電が発生することがある。異常放電が発生すると、異常放電が発生した部材の一部が溶融飛散することにより、処理すべき半導体基板の表面を汚染し、これにより半導体基板上に形成されたパターンに欠陥を生じさせることがある。また、異常放電が発生した部材が損傷を受けて、プラズマリークが発生することがあり、プラズマ処理のプロセス条件が変化してしまい、所定の処理を行なうことができなくなることもある。

【0004】 このような異常放電を検出するための方法としては、以下に示すような方法がある。一つは、異常放電で発生する発光を計測する方法である。このような方法の従来例としては、特開昭61-269315号、特開平5-226296号、特開平6-264239号、特開平10-270426号や実開平6-038237号等の各公報にそれぞれ開示されている方法がある。代表例として、特開平10-270426号に開示された方法は、例えば図12に示すように構成されてい

る。

【0005】図12は、従来のプラズマ処理装置を示すもので、異常放電検出モニタを備えたプラズマエッチング処理装置の断面構造を模式的に示した図である。図12において、プラズマエッチング処理装置（以下、エッチング装置という）100は、アルミ等で構成された真空容器の反応室101内に、ガス吹き出し板兼プラズマ発生用電極102、アルミ等から成るプラズマ発生用高周波電極（サセプタ）103が設けられており、さらにプラズマ発生用高周波電極103に高周波電力を供給する高周波電源104、プラズマ発生用高周波電極103上に載置された処理すべき半導体基板である半導体ウェハ105、この半導体ウェハ105を吸着保持する静電チャック106、この静電チャック106に直流電圧を印加する高圧電流電源107を備えている。

【0006】上記ガス吹き出し板兼プラズマ発生用電極102は、その下面にガス吐出口108を備えていると共に、ガス導入口109から反応ガスが導入されるようになっている。ここで、上記反応室101の底壁、プラズマ発生用高周波電極103および静電チャック106を垂直方向に貫通する貫通口110には、アルミ等から成る半導体ウェハ105搬送用のリフトピン111が挿入されており、このリフトピン111は、駆動手段111aにより垂直方向に駆動されるようになっている。

【0007】さらに、異常放電の検出のために、エッチング装置100の異常放電の発生しやすい部位、例えばプラズマ発生用電極102のボルト止め部102aやウェハ搬送用のリフトピン111の近傍に、光ファイバ112、113、114の一端が配置されている。これらの光ファイバ112から114の他端は、それぞれ分光モニタリング部115、116、117に接続されている。これらの分光モニタリング部115、116、117は、それぞれ光ファイバ112から114を通してくる光を分光して、所望の波長の光強度を計測する。各分光モニタリング部115、116、117で得られた計測信号は信号処理部118に入力される。

【0008】このような構成のエッチング装置100によれば、あらかじめ異常放電が発生しやすい部位に光ファイバ112～114の一端を配置しておくことにより、各部位の異常放電による発光が分光モニタリング部115から117により検出され、信号処理部118により処理されることにより、各部位における異常放電が確実に検出される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような構成のエッチング装置100においては、あらかじめ光ファイバ112～114の一端が配置してある部位については、異常放電が確実に検出されるが、その他の部位で異常放電が発生した場合には、異常放電を検出することができない。これに対しては、より多くの部位に

対して光ファイバの一端を配置して、それぞれ分光モニタリング部により異常放電による発光を計測するようにすればよいが、このような構成では、光ファイバおよび分光モニタリング部が多数必要になるため、エッチング装置100の改造が必要になると共に、信号処理も複雑になり、コストが高くなってしまう。

【0010】これに対して、異常放電によるプラズマインピーダンスの変動を電氣的に計測する方法が、例えば特開平8-167500号、特開平9-092491号および特開平10-074734号等の各公報に開示されている。この方法は、プラズマを発生させるための高周波電源に、プラズマのインピーダンス変化を検出する装置を取り付けて、異常放電により高周波でパルス状に出現する反射波や、高周波電源から供給される高周波の振幅または位相の変化を計測して、異常放電を検出するものである。しかしながら、このような方法においては、プラズマ処理装置の構造によっては、大幅な改造が必要になり、コストが高くなってしまう。

【0011】さらに、電極や反応室内の部品の電流電圧を計測する方法も、例えば特開昭63-110727号、特開平4-165068号、特開平6-232089号、特開平8-330095号、特開平9-199430号等の各公報に開示されている。この方法は、反応室である真空槽、シールド、プラズマを発生させる電極、処理すべき半導体基板等の真空槽内の部品の電位や、各部品を流れる電流を計測して、異常放電による急激な電流または電圧の変化を計測して、異常放電を検出するものである。

【0012】しかしながら、このような方法においては、実際の電流または電圧の測定が困難であると共に、高周波を使用したプラズマ発生装置では測定器が破損するおそれがあり、また測定器のためにプロセス条件が変動してしまう。さらに、微小な異常放電の場合、通常の電気ノイズや信号と異常放電との分離が困難である。

【0013】本発明は、上記の問題を解決すべくなされたものであり、簡単な構成により、確実に異常放電を検出することができる異常放電の検出装置および検出方法の提供を目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】この目的を達成するため、本発明の請求項1記載の異常放電検出装置は、真空の反応室内にてプラズマを用いて被処理物の処理を行なうプラズマ処理装置において、反応室の壁部に設けられた窓を通して内部を二次元画像として計測する計測手段と、計測手段により計測した画像情報を処理して、異常放電を検出する処理手段と、を設けたことを特徴とする、異常放電検出装置を設けた構成としてある。異常放電検出装置をこのような構成とすると、異常放電による発光を反応室の壁部に設けられた窓を通して計測手段により二次元画像として計測して、この二次元画像を処理

手段により処理し、異常放電による発光を検出することにより、異常放電を検出すると共に、二次元画像から異常放電の発生位置を正確に特定することができる。

【0015】また、請求項2記載の異常放電検出装置は、さらに、反応室の壁部に設けられた窓を通してレーザー光を反応室内に導入するレーザー光源を設けて、上記処理手段が、レーザー光源を制御しながら、計測手段により計測した画像情報を処理して、異常放電の有無を判定する構成としてある。異常放電検出装置をこのような構成とすると、異常放電で溶融飛散した部材が、レーザー光源からのレーザー光を横切るので、レーザー光の散乱光を計測手段により二次元画像として計測して、この二次元画像を処理手段により処理し、異常放電により飛散する部材によるレーザー光の散乱光を検出することにより、異常放電を検出する。

【0016】また、請求項3記載の異常放電検出装置は、上記計測手段が、CCDカメラである構成としてある。異常放電検出装置をこのような構成とすると、計測される画像情報がデジタル信号であることから、処理手段による画像情報の処理が容易になる。

【0017】また、請求項4記載の異常放電検出装置は、上記計測手段が、任意の波長のみの光を透過させる光フィルタを備えている構成としてある。異常放電検出装置をこのような構成とすると、異常放電による発光と背景光となるプラズマ発光のスペクトルが異なることを利用して、光フィルタによりプラズマ発光のスペクトルを除外することにより、異常放電の検出感度を高めることができる。

【0018】また、請求項5記載の異常放電検出装置は、さらに、装置の稼動状態を取り込む検知手段と、警報を発して、異常放電の発生状態を表示する警報手段とを設けて、処理手段が、異常放電を検出したとき、検知手段からの検知情報に基づいて、処理中の被処理物を特定して、警報手段により警報を発し、異常放電の発生状態を表示する構成としてある。異常放電検出装置をこのような構成とすると、異常放電の検出とプラズマ処理装置の稼動状態を関連付けることにより、異常放電の発生時に、プラズマ処理装置で処理されている被処理物を特定することができるので、当該被処理物を取除くことにより、当該被処理物のその後の処理を行なう必要がなくなり、無駄な処理を省くことができる。

【0019】請求項6記載の異常放電検出装置は、上記計測手段が、プラズマを発生させる電極の近傍に計測範囲を有している構成としてある。また、請求項7記載の異常放電検出装置は、プラズマ処理を行なう被処理基板の近傍に計測範囲を有している構成としてある。さらに、請求項8記載の異常放電検出装置は、上記計測手段が、反応室の壁面の近傍に計測範囲を有している構成としてある。また、請求項9記載の異常放電検出装置は、上記計測手段が、反応室内にて被処理物を支持する吸着

台を保護するカバーの近傍に計測範囲を有している構成としてある。異常放電検出装置をこのような構成とすると、異常放電の発生しやすい部位の近傍に、計測範囲を設定することにより、異常放電を確実に検出することができる。

【0020】請求項10記載の異常放電検出方法は、真空の反応室内にてプラズマを用いて被処理物の処理を行なうプラズマ処理装置において、あらかじめ異常放電のない状態にて反応室の壁部に設けられた窓を介して反応室内の二次元画像を、標準背景画像として取得する第一の段階と、次に所定間隔で、同様に反応室の壁部に設けられた窓を介して反応室内の二次元画像を観察画像として取得する第二の段階と、第二の段階により取得された観察画像を、第一の段階により取得された標準背景画像と比較して、その差分を計算する第三の段階と、上記差分に基づいて、標準背景画像にはないが観察画像に在る高輝度部分を検出する第四の段階と、この高輝度部分を異常放電による発光と判断する第五の段階と、を設けた構成としてある。

【0021】異常放電検出方法をこのような構成とすると、異常放電による発光を反応室の壁部に設けられた窓を通して二次元画像として計測して、この二次元画像を異常放電がない状態の標準背景画像と比較し、その差分を計算して、高輝度部分を検出することにより、異常放電を検出すると共に、高輝度部分の位置情報から異常放電の発生位置を正確に特定することができる。

【0022】請求項11記載の異常放電検出方法は、上記第五の段階が、高輝度部分を形状認識により個々のかたまりに分離する第六の段階と、個々のかたまりの最長連続方向をそれぞれ軌跡方向として抽出する第七の段階と、抽出された各軌跡方向の延長線を求める第八の段階と、任意の数の延長線が交差する点が存在するとき、異常放電と判断し、この交点を異常放電の発生位置として検出する第九の段階と、を設けた構成としてある。

【0023】異常放電検出方法をこのような構成とすると、高輝度部分のかたまりを異常放電により各パーティクルが交差点から放出された軌跡であると判断し、異常放電を検出すると共に、この交差点の位置を異常放電の発生位置として検出することにより、異常放電による発光が微弱である場合であっても、異常放電で問題となるパーティクルの発生を検出することができると共に、異常放電の発生を検出することができる。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照して説明する。

〔第一実施形態〕まず、本発明の異常放電の検出方法の実現を可能とする検出装置の第一の実施形態について、図1を参照して説明する。図1は、本発明による異常放電検出装置の第一の実施形態を組み込んだプラズマ処理装置としてのプラズマエッチング装置を示す側面断面図

である。

【0025】図1に示すように、プラズマエッチング装置10は、半導体基板をエッチング処理するものであり、真空容器の反応室11内に、プラズマ発生用電極12、プラズマ発生用高周波電極13が設けられており、さらにプラズマ発生用高周波電極13には高周波電力を供給する高周波電源14が接続されている。上記プラズマ発生用高周波電極13上には、被処理物である半導体基板15を吸着保持する静電チャック16が備えられ、さらにこれらのプラズマ発生用高周波電極13、静電チャック16を側方から包囲するカソードカバー17が反応室11内に設けられている。

【0026】以上の構成は、図12に示した従来のプラズマエッチング装置100と基本的には同じ構成であるが、本発明実施形態によるプラズマエッチング装置10は、以下の点で異なる構成になっている。すなわち、プラズマエッチング装置10においては、上記反応室11の壁部、図示の場合側壁11aに対向するように異常放電検出装置20が設けられている。この異常放電検出装置20は、反応室11の側壁11aに設けられた窓部21と、この窓部21に対向して配置された計測手段としてのカメラ22と、カメラ22からの画像情報を処理する処理手段としてのデータプロセッサ23と、を備えている。

【0027】上記窓部21は、反応室11内の外部から観測できるように、透光性材料から構成されており、例えば石英窓として構成されている。

【0028】上記カメラ22は、上記窓部21を通して、反応室11の内部状態を二次元画像として計測、すなわち撮像するものであり、例えば所定時間間隔で反応室11内の二次元画像を撮像して、データプロセッサ23に出力する。ここで、カメラ22は、好ましくはCCDカメラ、特にイメージンテンシファイア付き冷却型CCDカメラにより構成されている。さらに、カメラ22は、反応室11内全体を撮像するが、好ましくは異常放電により損傷してパーティクルを発生させ半導体基板15を汚染する可能性がある部分、例えばプラズマ発生用電極12、高周波電極13、静電チャック16、半導体基板15、カソードカバー17、反応室11の壁面または反応室11の壁面のシールド表面（図示せず）の近傍や、異常放電により作り込まれた素子が破壊される可能性のある半導体基板15近傍、あるいは、これらのいくつかの組合せが視野内に入るように、設定されている。

【0029】上記データプロセッサ23は、カメラ22により取得された二次元画像を処理することにより、この観察画像中の異常放電による発光を検出する。ここで、データプロセッサ23による画像処理は、例えば異常放電のない状態での標準背景画像を予め取得して、データプロセッサ23内に保存しておき、取得された観察

画像と標準背景画像との差分を計算することにより、任意のしきい値より高輝度の部分を抽出して、異常放電による発光として検出するようになっている。

【0030】ここで、反応室11内は、プラズマ発光によってカメラ22で撮影可能な明るさになっているので、あらかじめ標準背景画像を取得して、データプロセッサ23の記憶部に保存しておくことにより、データプロセッサ23は、反応室11内の各部、すなわち電極12、13や内壁面、半導体基板15等の位置を特定することができる。これに対して、上述のように異常放電を検出したとき、データプロセッサ23は、高輝度の部分の位置を特定することにより、異常放電の発生箇所を正確に特定することが可能である。

【0031】なお、データプロセッサ23による画像処理は、データプロセッサ23がカメラ33により順次取得された観察画像を保存して、取得された観察画像と保存してある一つ前の観察画像との差分を計算することにより、同様に任意のしきい値より高輝度の部分を抽出して、異常放電による発光として検出するようによい。

【0032】次に、本実施形態の異常放電検出装置20の動作について説明する。まず、動作前にあらかじめカメラ22が異常放電がない状態における反応室11内の二次元画像を撮像して、データプロセッサ23に出力する。これにより、データプロセッサ23は、この画像信号を標準背景画像として取得し、内蔵する記憶部に保存しておく。そして、動作が開始されると、カメラ22が反応室11内の二次元画像を撮像して、データプロセッサ23に出力する。これにより、データプロセッサ23は、カメラ22から反応室11内の二次元画像を観察画像として取得する。続いて、データプロセッサ23は、この観察画像と上記標準背景画像の差分を計算して、この差分に関して任意のしきい値より高輝度の部分があったとき、異常放電による発光が発生していると判断し、異常放電を検出することができる。

【0033】ここで、カメラ22として、CCDカメラが使用されている場合には、カメラ22による画像信号がデジタル信号であることから、データプロセッサ23における信号処理が容易になる。カメラ22として、イメージンテンシファイア付き冷却型CCDカメラを使用した場合に、異常放電発生時の二次元画像は、図2に示すようになる。この場合、二次元画像には、プラズマ発生用電極12、カバー17（高周波電極13および静電チャック16）が写っており、図2の白枠A内に、プラズマ発生用電極12近傍で発生した異常放電と考えられる発光が認められる。この白枠Aを拡大すると、図3に示すように、雷状にジグザグに進行する発光Bが記録されている。また、カメラ22の視野が、異常放電の発生により損傷してパーティクルを発生させ半導体基板15を汚染する可能性がある部分や、異常放電により作り

込まれた素子が破壊される可能性のある半導体基板15近傍に設定されていることにより、異常放電の発生した場所を正確に検出することができる。

【0034】図4は、図1に示した異常放電検出装置20の変形例を示している。図4において、異常放電検出装置20は、カメラ22の前に、任意の範囲の波長の光のみを透過させる光フィルタ24を備えている点を除いて、図1に示した異常放電検出装置20と同じ構成である。この光フィルタ24は、主として反応室11を構成する部材に含まれる元素の発光スペクトルの波長近傍の光のみを透過させるように構成されている。異常放電の発光スペクトルは、主として反応室11を構成する部材に含まれる元素の発光スペクトルであるので、線スペクトルである。これに対して、背景となるプラズマスペクトルは、連続スペクトルである。したがって、この線スペクトルに対応する波長付近の光が光フィルタ24を透過することにより、背景光が大幅に低減されるので、異常放電による発光の検出感度が向上することになる。

【0035】〔第二実施形態〕図5は、本発明による異常放電検出装置の第二の実施形態を組み込んだプラズマエッチング装置を示す平面断面図である。図5に示すように、プラズマエッチング装置10自体は、図1に示したプラズマエッチング装置10と同じ構成である。これに対して、異常放電検出装置30は、窓部21、カメラ22およびデータプロセッサ23の他に、さらに反応室11の壁部11bに設けられた第二の窓部31と、この窓部31に対向して配置されたレーザ光源32と、を備えている。

【0036】第二の窓部31は、窓部21と同様に、反応室11の外部から反応室11内にレーザ光を照射できるように、透光性材料から構成されており、例えば石英窓として構成されている。

【0037】上記レーザ光源32は、好ましくは石英窓を効率よく透過することから、例えばYAG:Ndレーザの二倍波等の可視光レーザが使用される。ここで、レーザ光源32は、そのレーザ光を、例えば半導体基板15の近傍に照射するように設定される。さらに、レーザ光源32のレーザ光の反応室11内における終端位置、即ち側壁11cには、レーザ光を吸収するビーム吸収体33が備えられる。なお、レーザ光源31の設置スペースをあまり大きくとることができない場合には、窓部21に対向して、レーザ光源32を配置するようにすることも可能である。

【0038】この場合、データプロセッサ23は、カメラ22からの画像信号を処理して、異常放電を検出するだけでなく、さらにレーザ光源32の発振とカメラ22のシャッターを同期させるように、レーザ光源32およびカメラ22を駆動制御する。

【0039】次に、本実施形態の異常放電検出装置30の動作について説明する。まず、動作前にあらかじめ、

データプロセッサ23がレーザ光源32を駆動制御して、反応室11内にレーザ光を照射すると共に、カメラ22が異常放電がない状態における反応室11内の二次元画像を撮像して、データプロセッサ23に出力する。これにより、データプロセッサ23は、この画像信号を標準背景画像として取得し、内蔵する記憶部に保存しておく。そして、動作が開始されると、カメラ22が反応室11内に二次元画像を撮像して、データプロセッサ23に出力する。これにより、データプロセッサ23は、カメラ22から反応室11内の二次元画像を観察画像として取得する。続いて、データプロセッサ23は、この観察画像と上記標準背景画像の差分を計算する。

【0040】ここで、異常放電が発生すると、半導体基板15上の薄膜や反応室11内の部品である静電チャック16、プラズマ高周波電極13、プラズマ発生用電極12（図示せず）そしてカソードカバー17（図示せず）等の一部に局所的に強い電流が流れることにより、瞬間的に高温になり、これらの材料の一部が溶融しパーティクルとして飛散する。そして、飛散したパーティクルがレーザ光を横切ることによって、レーザ光の発散光が発生することになり、この発散光がカメラ22により撮像される。

【0041】したがって、データプロセッサ23が、上記差分に関して、任意のしきい値より高輝度の部分があったとき、異常放電による反応室11内の部品等の一部の飛散によるレーザ光の散乱光と判断し、異常放電を検出することができる。この場合、レーザ光源32からのレーザ光の照射範囲を反応室11内の半導体基板15近傍に絞込むことにより、さらにカメラ22の視野を異常放電の発生しやすい場所に設定することにより、異常放電による発光と半導体基板15上に飛散してくるパーティクルを同時に検出することができ、半導体基板15の異常放電による汚染を判断することができる。

【0042】この場合も、カメラ22として、CCDカメラが使用されている場合には、カメラ22による画像信号がデジタル信号であることから、データプロセッサ23における信号処理が容易になる。

【0043】図6は、図5に示した異常放電検出装置30の変形例を示している。図6において、異常放電検出装置30は、カメラ22の前に、任意の範囲の波長の光のみを透過させる光フィルタ24を備えている点を除いて、図5に示した異常放電検出装置30と同じ構成である。この光フィルタ24は、プローブとして導入するレーザ光源32からのレーザ光の波長近傍の光のみを透過させるように構成されている。これにより、レーザ光に対応する波長付近の光が光フィルタ24を透過することにより、背景光が大幅に低減されるので、レーザ光の散乱光の検出感度が向上することになる。

【0044】なお、光フィルタ24として、二種類の光フィルタを組み合わせる構成することによって、透過波



長範囲を、主として反応室11を構成する部材に含まれる元素の線スペクトルとレーザ光のスペクトルを含むように設定することも可能である。これにより、異常放電による発光およびレーザ光の散乱光の検出感度が向上することになる。

【0045】〔第三実施形態〕図7は、本発明による異常放電検出装置の第三の実施形態を組み込んだプラズマエッチング装置を示す側面断面図である。図7に示すように、プラズマエッチング装置10自体は、図1に示したプラズマエッチング装置10と同じ構成である。これ

に対して、異常放電検出装置40は、窓部21、カメラ22およびデータプロセッサ23の他に、警報装置41を備えると共に、さらにプラズマエッチング装置10のコントローラ42から装置の稼動状態を示す信号がデータプロセッサ23に取り込まれるようになっている。

【0046】上記警報装置41は、データプロセッサ23が異常放電を検出したとき、データプロセッサ23からの警報信号に基づいて、警報を発すると共に、異常放電の発生状況（後述）を表示するようになっている。

【0047】上記コントローラ42は、プラズマエッチング装置10の各種動作を制御するものであり、プラズマエッチング装置10の稼動状態を示す信号、例えば反応室11内の圧力、圧力コントロールバルブの開閉度、プロセスガスおよびパージガスの流量、静電チャック16の印加電圧、裏面冷却用ガスの流量・圧力、高周波電源14の印加電圧やリーク電流、半導体基板15の搬送状態等を示す信号をデータプロセッサ23に出力している。

【0048】次に、本実施形態の異常放電検出装置40の動作について説明する。まず、動作前にあらかじめカメラ22が異常放電がない状態における反応室11内の二次元画像を撮像して、データプロセッサ23に出力する。これにより、データプロセッサ23は、この画像信号を標準背景画像として取得し、内蔵する記憶部に保存しておく。そして、動作が開始されると、カメラ22が反応室11内の二次元画像を撮像して、データプロセッサ23に出力する。これにより、データプロセッサ23は、カメラ22から反応室11内の二次元画像を観察画像として取得する。続いて、データプロセッサ23は、この観察画像と上記標準背景画像の差分を計算して、この差分に関して任意のしきい値より高輝度の部分があったとき、異常放電による発光が発生していると判断し、異常放電を検出することができる。

【0049】さらに、データプロセッサ23が異常放電を検出すると、データプロセッサ23は、コントローラ42から取り込んだプラズマエッチング装置10の稼動状態を示す信号に基づいて、異常放電の発生状況、すなわちどの半導体基板15を処理中に、どのような状態でどの部位に異常放電が発生したかを判別し、警報装置41に対して警報信号を送出すると共に、この発生状況を

警報装置41に出力する。これにより、警報装置41は、警報を発すると共に、異常放電の発生状況を表示する。

【0050】したがって、作業者は常にプラズマエッチング装置10を監視している必要がなく、警報装置41が警報を発したときに、警報装置41の表示を視認することにより、異常放電の発生状況を把握することができるので、異常放電発生時のプラズマエッチング装置10の稼動状態に基づいて、異常放電発生の原因を特定することができる。また、稼動状態を示す信号として、半導体基板15の搬送状態を示す信号がある場合には、異常放電により汚染された半導体基板15を特定することができるので、この汚染された半導体基板15を直ちに取除くことができる。

【0051】次に、図5に示した異常放電検出装置30を備えたプラズマエッチング装置10による異常放電の検出を具体的に説明する。レーザ光源32として、YAG：Ndレーザの二倍波（波長532nm）を使用し、レーザ光をプラズマ発生用電極12の近傍に照射し、カメラ22としてイメージインテンシファイア付き冷却型CCDカメラを使用して、反応室11内のプラズマ発生用電極12、静電チャック16、半導体基板15の撮像を行なう。

【0052】得られた異常放電発生時の二次元画像は、図8に示すようになる。この場合、二次元画像の白枠C内には、異常放電によりプラズマ発生用電極12の部材が溶融して飛散したと考えられるパーティクルからの散乱光が写っている。この白枠Cを拡大すると、図9に示すように、一点から放射状に広がる散乱光が記録されている。このように、異常放電により部材が溶融して飛散するパーティクルは、異常放電の発生箇所から放射状に飛散していることを利用して、取得した二次元画像中の飛跡のうち、一点から放射状に飛散したものを異常放電と判断することにより、異常放電の検出が行なわれる。

【0053】このような異常放電の検出は、例えば図10に示すフローチャートに示すように行なわれる。図10において、ステップST1にて、あらかじめ清浄な状態で計測した異常放電による発光やパーティクルの記録されていない背景画像を撮像し、データプロセッサ23が、この背景画像を標準背景画像として取得し、保存しておく。なお、直前あるいは数枚前に取得した画像を標準背景画像としてもよい。

【0054】次に、ステップST2にて、データプロセッサ23は、動作状態のプラズマエッチング装置10の反応室11内の観察画像を取得する。そして、ステップST3にて、データプロセッサ23は、上記観察画像と標準背景画像の差分を計算して、ステップST4にて、あらかじめ設定された任意のしきい値を超える高輝度の画素が存在するか否かを判定する。このとき、データプロセッサ23は、すべての画素について、このような判定

を行ない、高輝度の画素があれば、その位置座標を記録する。

【0055】ステップST4にて、高輝度画素が存在しない場合には、再びステップST2に戻って、例えば所定の時間間隔にて次の観察画像を取得する。ステップST4にて、高輝度画素が存在する場合には、ステップST5にて、データプロセッサ23は、高輝度画素が連続している範囲、すなわちかたまりの形状を認識して、さらにステップST6にて各かたまりに任意のパーティクル識別タグを設定する。このとき、データプロセッサ23は、微分法により隣接する画素との輝度変化が大きい場合には、画素のかたまりの縁部と判断して、形状認識を行なうようにしてもよい。

【0056】例えば図9の画像に基づいて、高輝度画素のかたまりを認識すると、図11にて符号a、b、c、d、e、fで示すかたまりが認識されることになる。なお、図11にて符号a～fで示されるかたまりは、図9における符号a～fに対応する。このとき、レーザ光源32からレーザ光が照射される場所についてのみ、ステップST4の処理を行なうことによって、図9の上半分20に記録されているプラズマ発生用電極12に写った散乱光を除去することができる。

【0057】続いて、データプロセッサ23は、ステップST7にて、各かたまりに関して画素の連続が最も長くなる方向を直線で近似することにより、最長連続方向直線を抽出し、ステップST8にて、各かたまりに関してパーティクルの軌跡（飛跡）方向を抽出する。

【0058】そして、データプロセッサ23は、ステップST9にて、すべてのパーティクルの飛跡方向を画像内で延長して、ステップST10にて、任意の数の飛跡の延長線が所定の誤差で交差する点を抽出できるか否かを判定する。ステップST10にて、交差点を抽出できなければ、再びステップST2に戻る。ステップST10にて、交差点を抽出できると、データプロセッサ23は、ステップST11にて、異常放電により各パーティクルが交差点から放出されたと判断し、異常放電を検出すると共に、この交差点の位置を異常放電の発生位置として検出する。

【0059】その後、ステップST12にて、データプロセッサ23は、異常放電の検出を続けるのであれば、ステップST2に戻り、異常放電の検出を中止するのであれば、処理を終了する。このようにして、データプロセッサ23による画像処理によって、異常放電による発光が微弱である場合であっても、異常放電で問題となるパーティクルの発生を検出できると共に、反応室11内における異常放電の発生が検出される。

【0060】上述した実施形態においては、本発明による異常放電検出装置および異常放電検出方法をプラズマエッチング装置に適用した場合について説明したが、これに限らず、プラズマCVD装置、スパッタ装置、イオ

ン注入装置等のプラズマ処理装置、特に半導体製造装置にも本発明を適用し得ることは明らかである。さらに、上述した実施形態においては、プラズマ生成が高周波放電により行なわれているが、これに限らず、例えばグロー放電やマイクロ波放電により生成されるプラズマの場合であっても、本発明を適用し得ることは明らかである。

#### 【0061】

【発明の効果】以上のように、本発明によれば、半導体製造装置等のプラズマ処理装置の反応室内における異常放電の発生を、反応室内の二次元画像に基づいて検出すると共に、異常放電の発生位置を正確に特定することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一実施形態の異常放電検出装置を備えたプラズマエッチング装置の構成を示す概略側面断面図である。

【図2】図1の異常放電検出装置により取得された異常放電発生時の二次元画像を示す図である。

【図3】図2の白枠A内を示す拡大図である。

【図4】図1の異常放電検出装置の光フィルタを備えた変形例を示す概略側面断面図である。

【図5】本発明の第二実施形態の異常放電検出装置を備えたプラズマエッチング装置の構成を示す概略平面断面図である。

【図6】図5の異常放電検出装置の光フィルタを備えた変形例を示す概略平面断面図である。

【図7】本発明の第三実施形態の異常放電検出装置を備えたプラズマエッチング装置の構成を示す概略側面断面図である。

【図8】図4の異常放電検出装置により取得された異常放電発生時の二次元画像を示す図である。

【図9】図8の白枠C内を示す拡大図である。

【図10】図4の異常放電検出装置による異常放電検出方法の動作を順次に示すフローチャートである。

【図11】図9の画像に基づいて図10のステップST5により抽出された画素のかたまりを示す図である。

【図12】従来の異常放電検出装置を備えたプラズマエッチング装置の構成例を示す概略断面図である。

#### 【符号の説明】

- 10 プラズマエッチング装置
- 11 反応室
- 12 プラズマ発生用電極
- 13 プラズマ発生用高周波電極
- 14 高周波電源
- 15 半導体基板（被処理物）
- 16 静電チャック
- 17 カソードカバー
- 20 異常放電検出装置
- 21 窓部（石英窓）

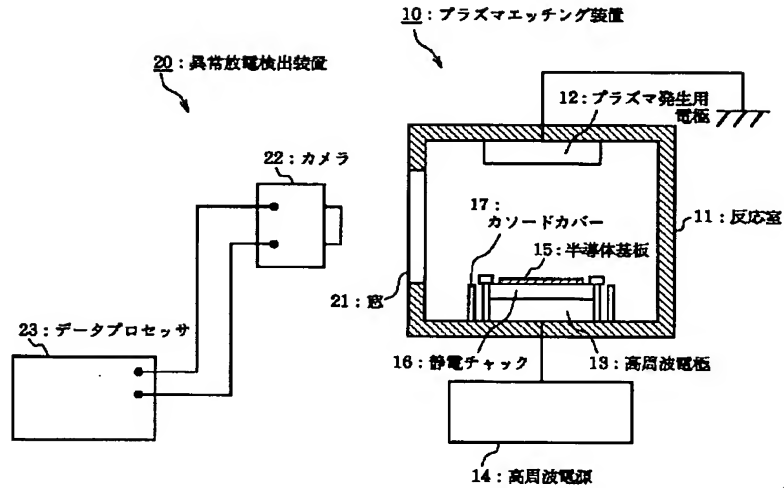
15

16

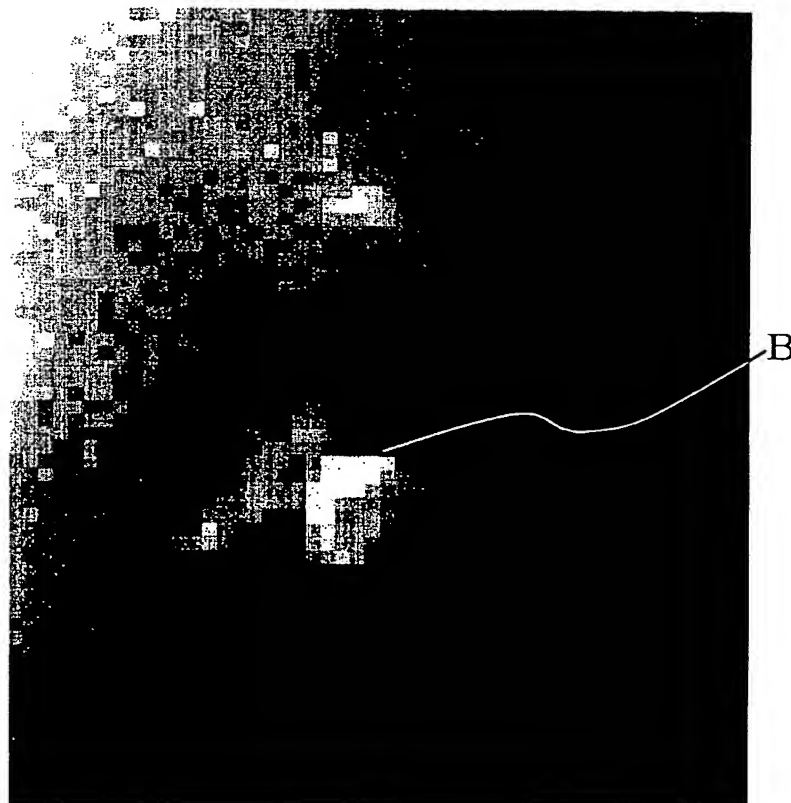
- 22 カメラ (CCDカメラ)
- 23 データプロセッサ
- 24 光フィルタ
- 30 異常放電検出装置
- 31 第二の窓部

- 32 レーザ光源
- 33 ビーム吸収体
- 40 異常放電検出装置
- 41 警報装置
- 42 コントローラ

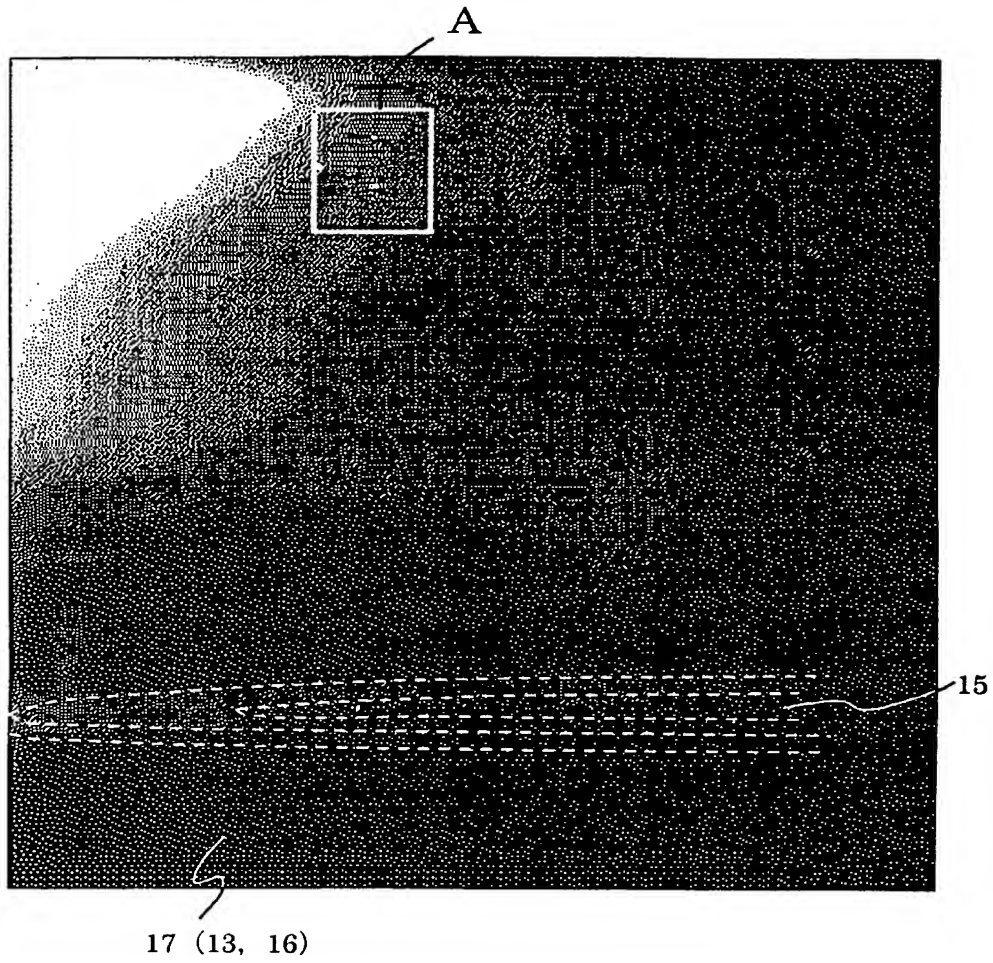
【図1】



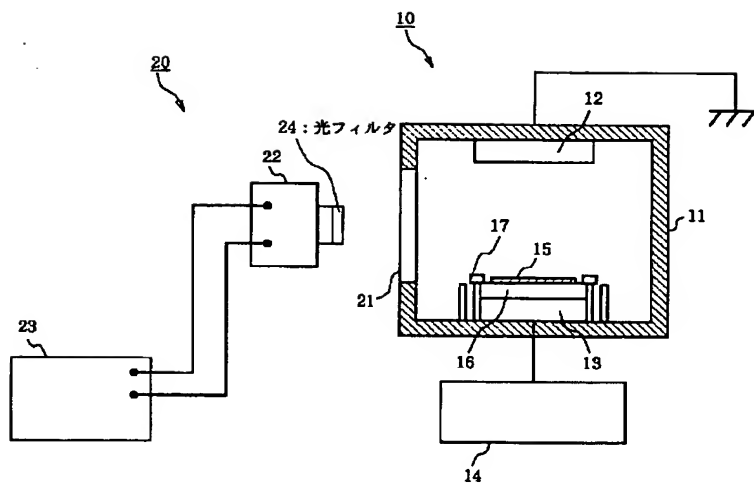
【図3】



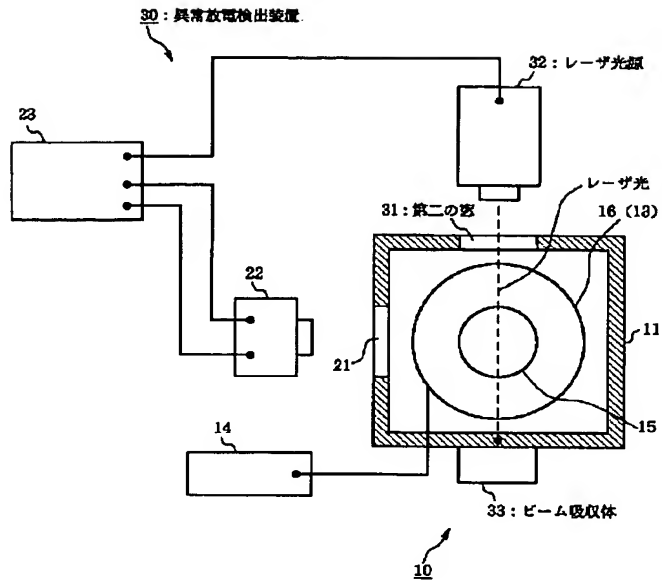
【図2】



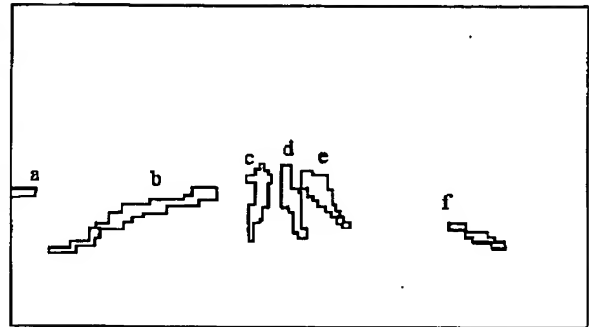
【図4】



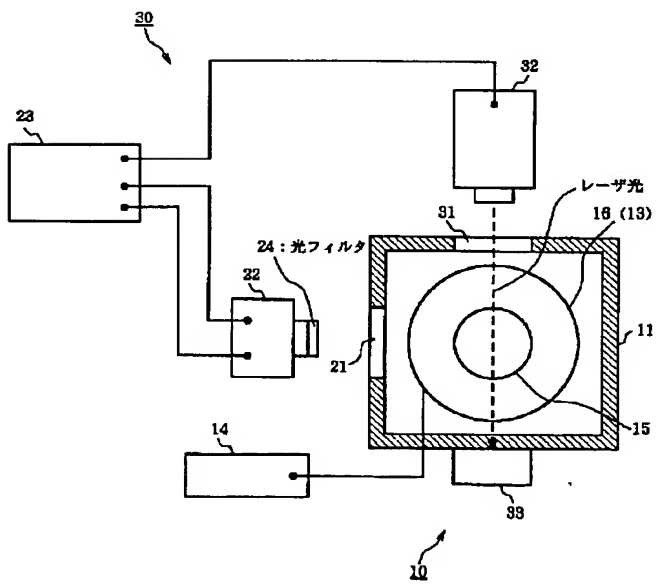
【図5】



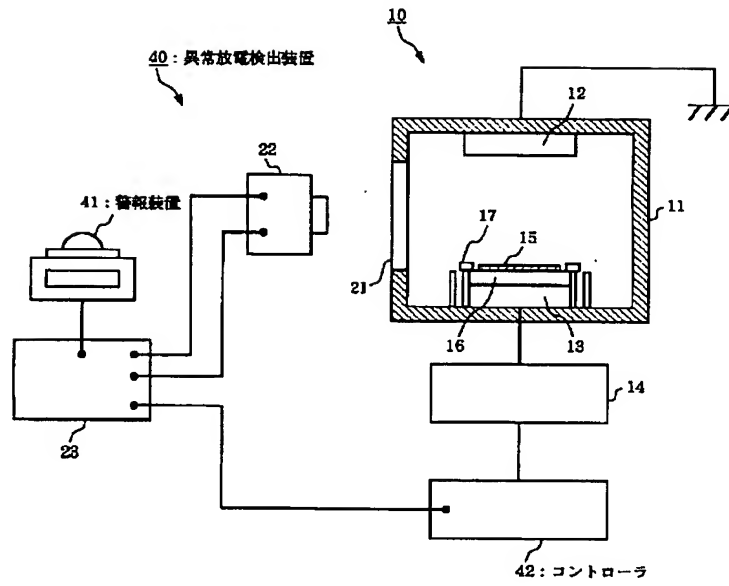
【図11】



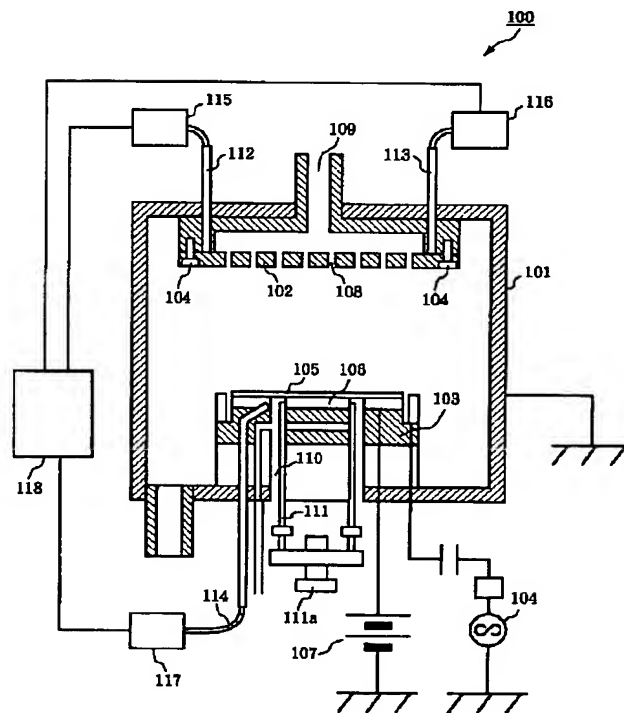
【図6】



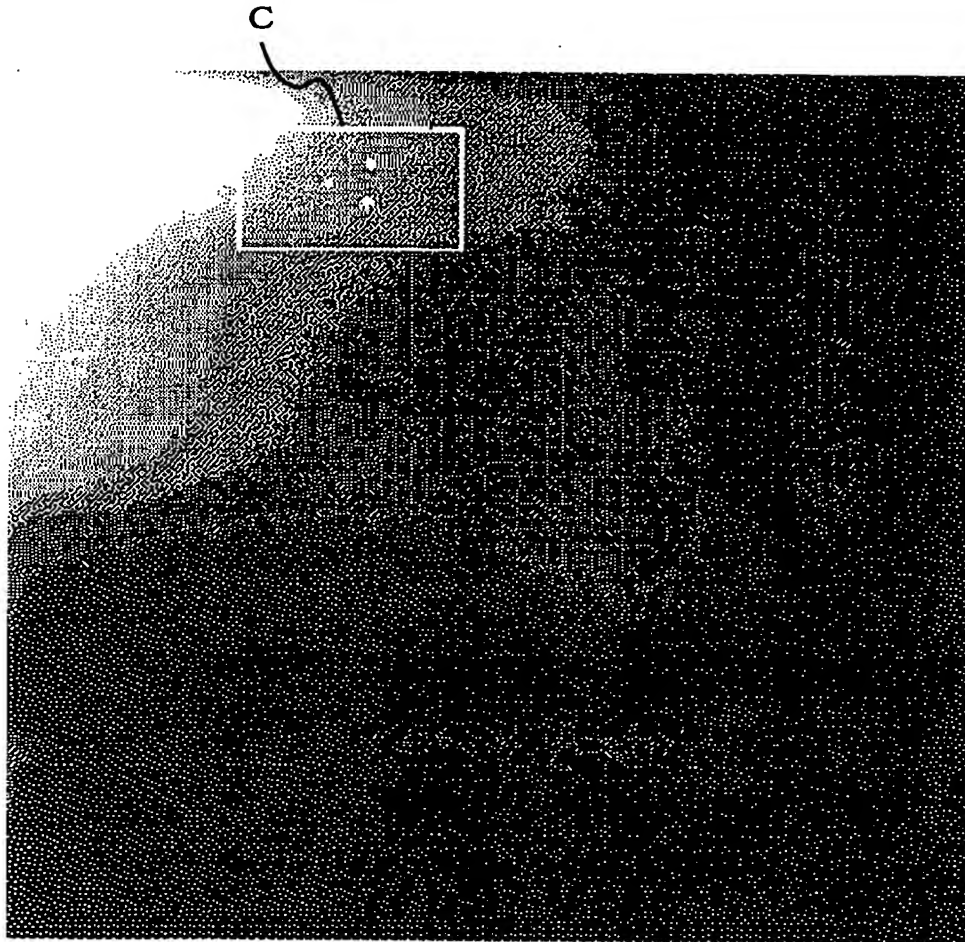
【図7】



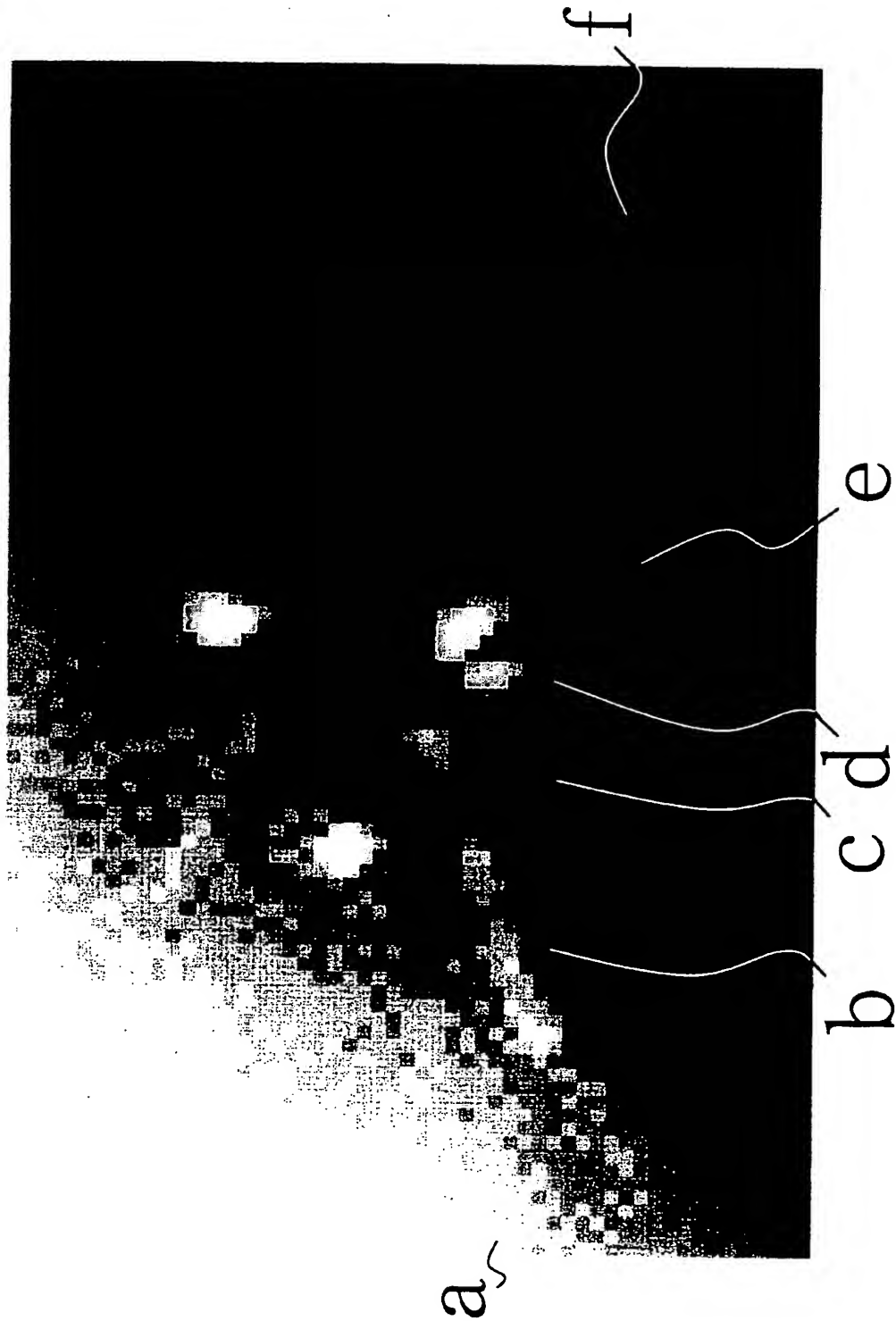
【図12】



【図8】

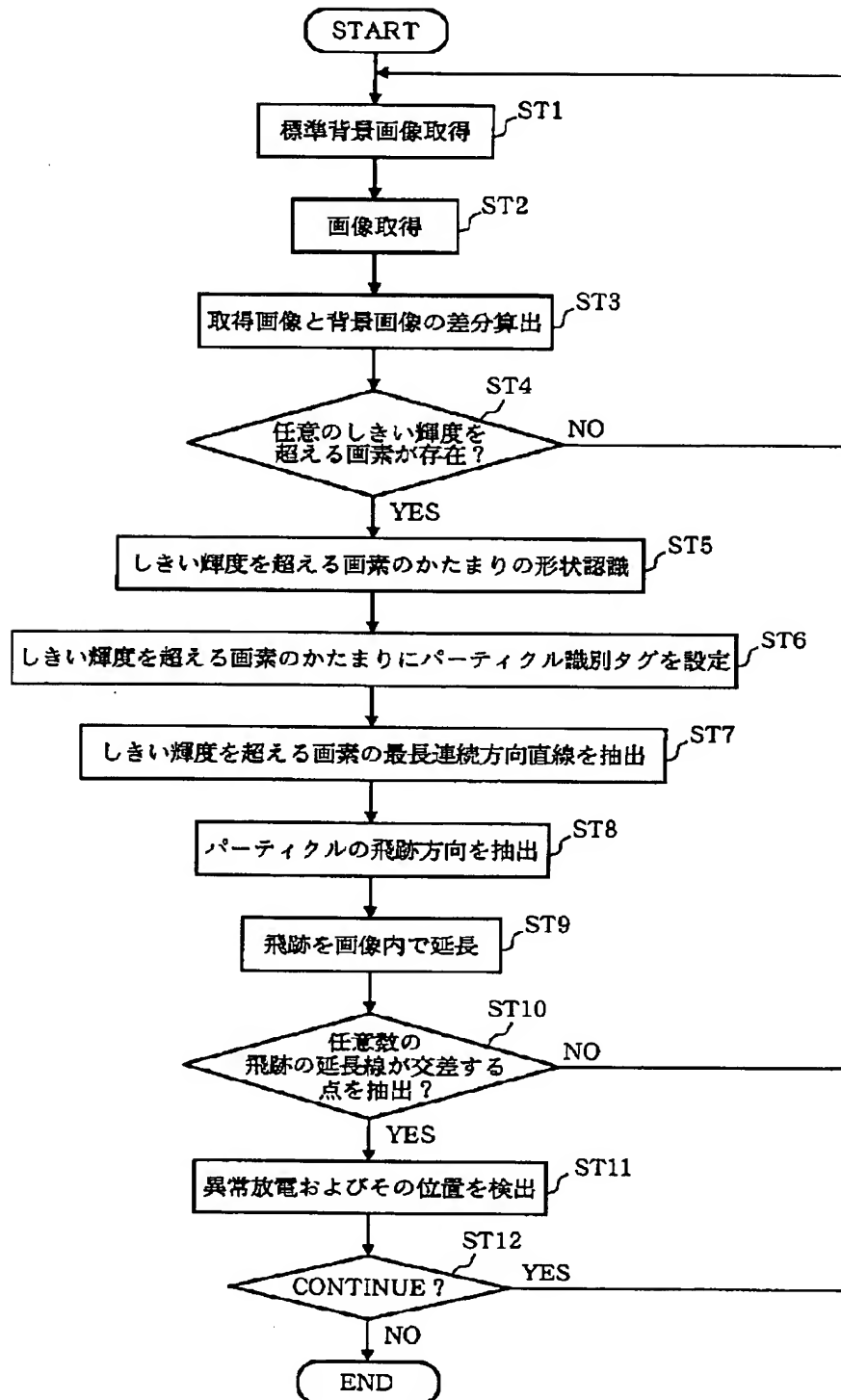


【図9】





【図10】



## フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>                      識別記号  
       H 0 5 H    1/00  
 // H 0 5 H    1/46

      F I                                      テーマコード (参考)  
       H 0 5 H    1/46                      M  
       H 0 1 L    21/302                    E

(72)発明者 守屋 剛  
           東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
           式会社内

(72)発明者 岡村 浩治  
           熊本県熊本市八幡一丁目1番一号 九州日  
           本電気株式会社内

(72)発明者 上杉 文彦  
           東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
           式会社内

Fターム(参考) 4K029 BD01 CA03 CA05 EA06 GA02  
                   4K030 CA04 DA08 FA01 KA30 KA36  
                   KA39 LA15  
                   5F004 AA16 BA06 BC03 BC06 CB09  
                   5F045 AA08 AA19 BB20 DP03 EH14  
                   GB08 GB15  
                   5F103 AA08 BB51 RR04 RR07